

令和2年度 福島研究開発部門 成果報告会

オフサイトでの活動と成果 (事故直後および環境回復に係る研究開発)

令和2年12月5日

福島研究開発部門 福島研究開発拠点
廃炉環境国際共同研究センター(CLADS)

環境影響研究ディビジョン 環境動態研究グループ 新里 忠史
環境モニタリングディビジョン 統合解析グループ 佐々木 美雪

- **環境回復に係る取り組みの沿革・概要**
- **緊急時対応、初期の活動、除染技術**
- **環境動態研究**
- **環境モニタリング技術開発**
- **成果発信・科学的知見の共有**

組織図

2020年4月 現在

福島研究開発部門

福島研究開発拠点

廃炉環境国際共同研究センター

- ・ 環境影響評価ディビジョン
- ・ 環境モニタリングディビジョン

檜葉遠隔技術開発センター

大熊分析・研究センター

沿革

2011.3

- 東北地方太平洋沖地震
- 福島第一原子力発電所(1F)事故

2011.12

- 政府と東京電力による
中長期ロードマップ策定

2011

● 1F事故直後から環境モニタリング・除染活動への支援、国・自治体への支援を実施

- 福島支援本部 設立 (同年、福島技術本部に組織再編)
- 福島事務所 開設

● 福島長期環境動態研究プロジェクト(F-TRACE)開始

LONG-TERM ASSESSMENT OF TRANSPORT OF RADIOACTIVE CONTAMINANT IN THE ENVIRONMENT OF FUKUSHIMA
福島長期環境動態研究プロジェクト

2014.4

- 福島研究開発部門として組織再編

2014

2015

- いわき事務所 開設

● 福島県環境創造センター環境放射線センター(南相馬市)での業務開始

JAEA EAGLE For FUKUSHIMA
The Environmental radiation Assessment team by Global Experts

ふくしまからはじめよう。 Future From Fukushima.

2016

2017

- 廃炉国際共同研究センター(CLADS)国際共同研究棟 運用開始

● 福島県環境創造センター研究棟(三春町)での業務開始

ふくしまからはじめよう。 Future From Fukushima.

LONG-TERM ASSESSMENT OF TRANSPORT OF RADIOACTIVE CONTAMINANT IN THE ENVIRONMENT OF FUKUSHIMA

2020

2020.4

廃炉国際共同研究センターと福島環境安全センターを統合し、**廃炉環境国際共同研究センター**に改組



- 災害対策基本法等の指定公共機関として**緊急時支援体制に移行し活動を開始**
- 福島県内の学校等での**放射線量低減対策試験**、低減対策モデル事業支援、**プール除染**
- 地元の自治体や学校から寄せられる**除染作業等への技術指導・支援**

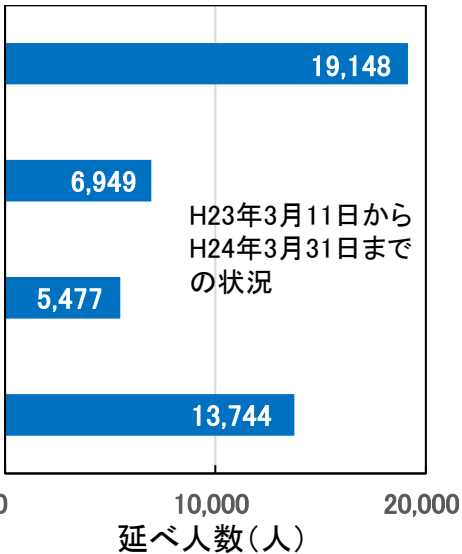


生活空間における放射線量低減化対策に係る手引き

ふくしまの子どもたちを放射性物質による影響から守り抜くため、わたしたちに今、何ができるかを自ら考え、自ら行動していこう。

福島県災害対策本部
平成23年7月15日

政府・自治体への科学的知見・技術の提供



- 事故後**延べ45,000人以上**が様々な活動に従事
- 福島県内外の学校、幼稚園等での**除染における根拠情報**として活用

- 国や自治体が進める除染活動を技術面で支援するため、「除染ガイドライン作成調査業務」および「除染モデル実証事業」の実施
- 広域の除染における事前モニタリング、除染計画の立案、除染の実施、事後モニタリング、除去物の仮置きといった一連の除染に関わる手続きを整理
- 除染の効果を予測する除染活動支援システム (RESET、リセット) を開発



屋根の高圧水洗浄



屋根の拭きとり及び研磨



雨樋の清掃



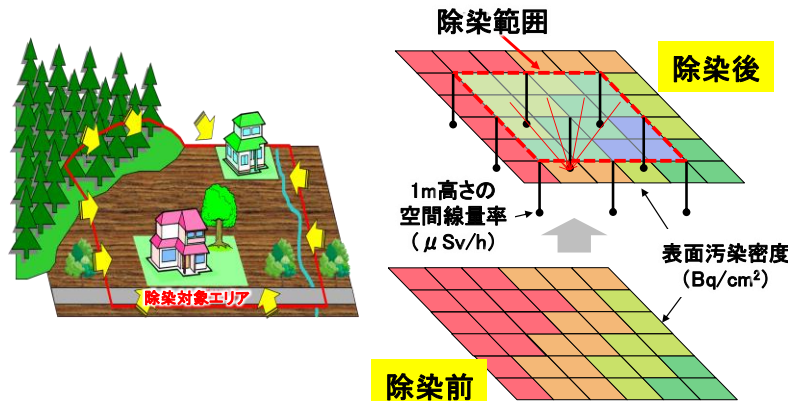
雨樋下部のホットスポット除去



屋根の表層剥ぎ取り

適用した除染方法の例(宅地)

土瓦、陶器瓦では拭き取りで一定の除染効果が得られるが、コンクリート瓦では瓦表面の凹凸により比較的低い除染効果となり研磨も実施



RESET による除染シミュレーションの流れ

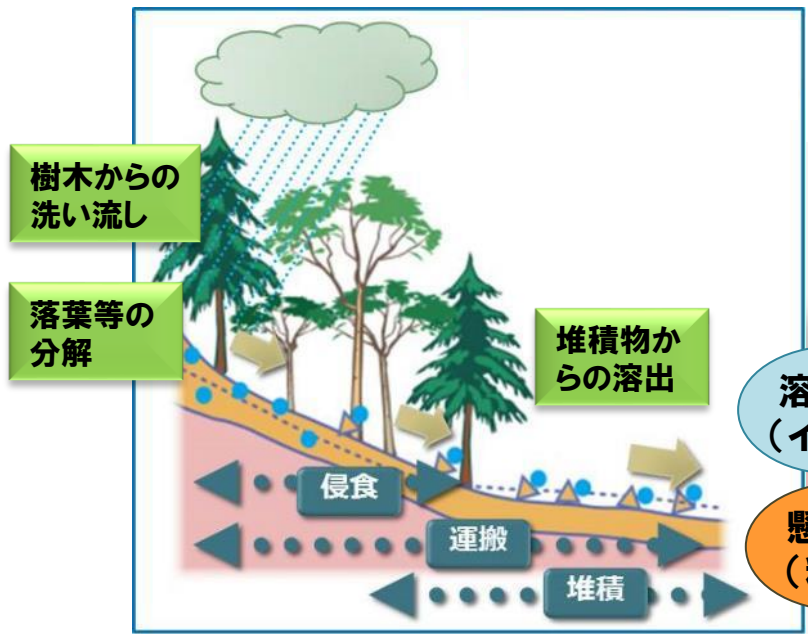
- 1) 除染前の1 m高さの空間線量率のデータから除染前の表面汚染密度(単位面積あたりの放射性セシウムの沈着量; Bq/cm²)を算出
- 2) 除染モデル実証事業で得られた表面汚染の低減係数(除染係数、DF)により、除染後の表面汚染密度を計算
- 3) 除染後の空間線量率を算出

- モデル事業で得られた知見を根拠情報として、環境省による「除染関係ガイドライン」が取りまとめられ、これに基づき、国、自治体による本格除染が進められた→避難指示解除に貢献
- 除染後の線量率予測評価を実施し、自治体へ除染の実施に係る判断材料を提供

- 環境回復に係る取り組みの沿革・概要
- 緊急時対応、初期の活動、除染技術
- 環境動態研究
- 環境モニタリング技術開発
- 成果発信・科学的知見の共有

環境中に残存する放射性セシウムの濃度は、どのように変化するのか。

環境中の放射性セシウムは、生活圏に影響を及ぼさないのか。



- 農作物を作っても100 Bq/kgを超えるのでは
- 50・100 Bq/kgを超えているシタケ原木・山野草や淡水魚は、いつになったら50・100 Bq/kgを下回るか



➤ 将来、森林からの流出や河川による運搬で放射性セシウムが生活圏に堆積し、線量率が増加するのでは

➤ 福島県内の農業・林業・水産業の再開

➤ 帰還および帰還後の生活

将来の見通し

不安の解消

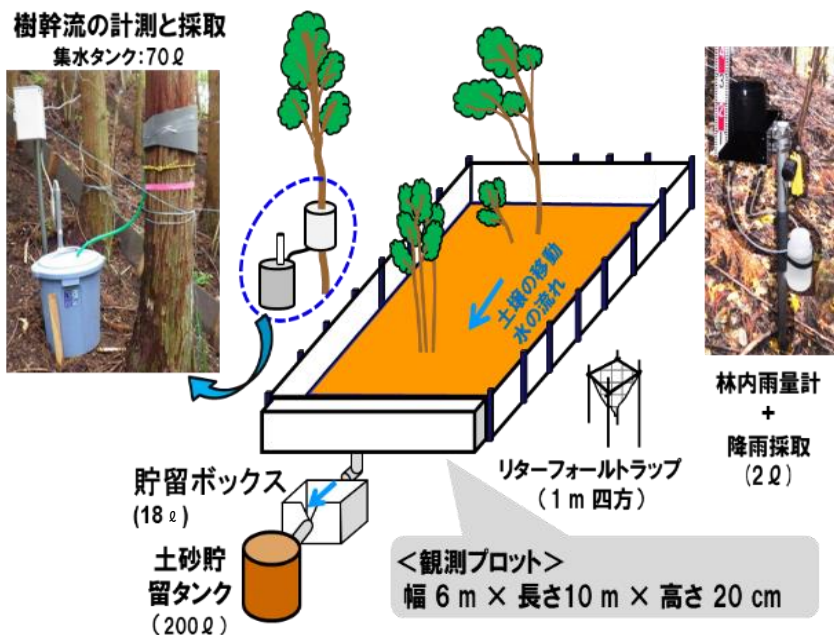
● **社会情勢の変化や自治体等の要望に基づき研究テーマを拡充し、科学的根拠のある情報をタイムリーに提供することにより、福島復興へ貢献**

項目	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (R1)	2020 (R2)
JAEA内での動き			☆福島長期環境動態研究 (F-TRACE) 始動 ☆大熊町サテライトラボ運用開始				☆三春町に研究の拠点を移動	☆水域動態チーム; 南相馬で活動開始		☆サテライトラボ運用終了
移行挙動の理解	放射性セシウム分布・流出量 (森林、河川水系、生活圏)			観測手法と観測点の整備			多様な環境での流出量評価と移動挙動の解明 溶存態セシウム移動挙動の解明			
	林産・水産物の放射性セシウム 移行挙動の理解						樹木、樹木根、山菜の放射性セシウム移行挙動調査			
	移行挙動の理解を支える研究 開発(分析手法の確立)					国際認証の品質保証体系下における 各種環境試料の分析手法の開発		環境試料の分析 適用試料の拡充		
	大規模自然災害等への適用 オンサイト研究への適用					有機結合型トリチウム(OBT)、極微量Srの分析手法確立		浪江町林野火災の環境 影響調査		
								台風・豪雨の環境影響調査		
成果発信	予測モデル開発			土砂移動、河川水系のセシウム移動に係るモデル開発			森林・水域生態系の 移行モデル開発		実データとの比較 による改良・実予 測への適用	
	福島総合環境情報サイトの 整備 (FaCE!S、フェイス)						環境モニタリングデータベース整備	根拠情報Q&Aサイト整備		解析事例ベース整備

除染モデル実証事業
除染ガイドライン作成調査業務
緊急時対応・初期の活動

- 自然災害の直後等を除き、森林の斜面からの放射性セシウム流出率は、その場所に分布するセシウム137量の**1%未満/年**であり、**徐々に低下**

森林から放射性物質が流出し、再び汚染されるのではないか？



人為的改変のない山林

- ・コナラ林; 川俣町山木屋地区
- ・スギ林; 川内村荻地区

コナラ林; **0.18→0.07%**
(2013年→2018年)

スギ林 ; **0.19→0.07%**
(2013年→2018年)

除染地

- (除染翌年→3年後)
- ・川俣町山木屋地区

コナラ林; **2.55→0.65%**
(2016年→2018年)

※被覆率; **30→82%**

林野火災の跡地

- (火災当年→2年後)
- ・浪江町井出地区

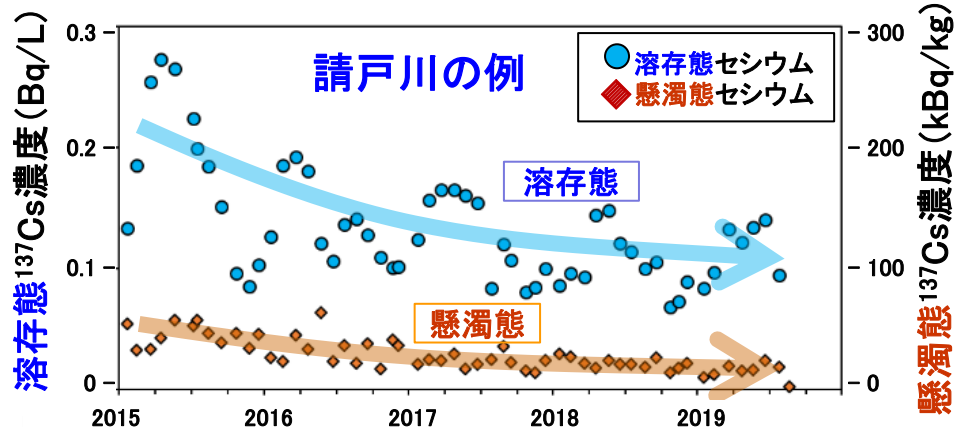
スギ林 ; **2.60→0.16%**
(2017年→2019年)

※被覆率; **10→95%**

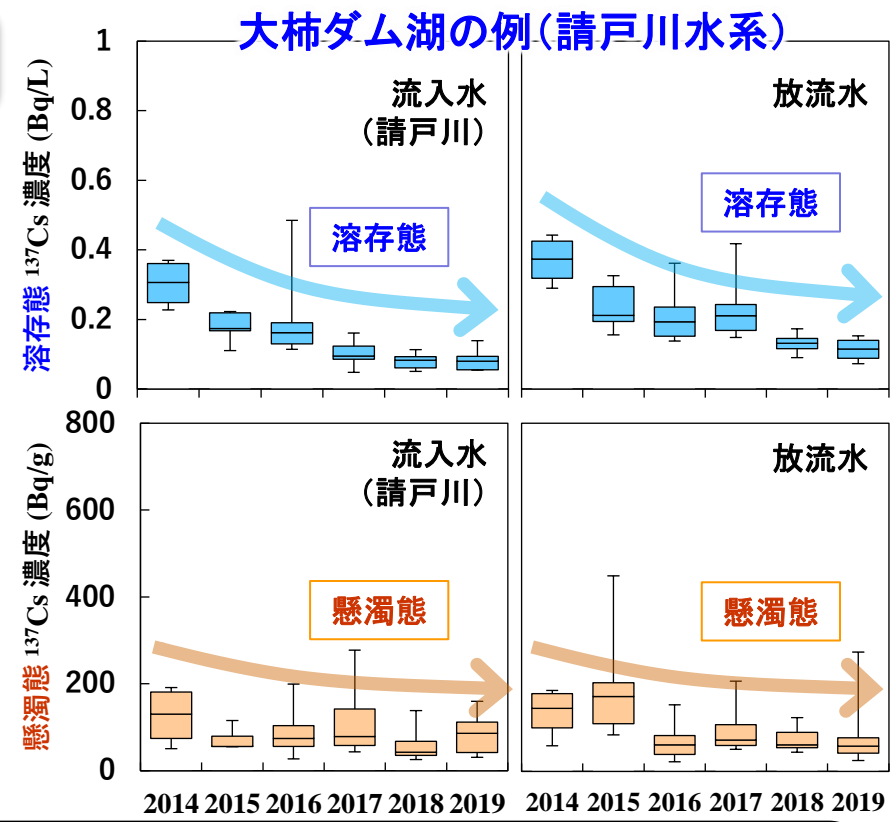
- 自治体主催の地域住民説明会の基礎資料として活用
- 人為的改変のない観測地のデータと比較することにより、除染や林野火災の影響が限定的であり、流出量が徐々に低下していくことを示した
- 浪江町除染検証委員会、福島県廃炉安全確保県民会議、県廃炉安全監視協議会環境モニタリング評価部会にて報告し、自然災害時や災害後のセシウム移動に関する不安や懸念払しょくに貢献

● 水に溶け込んだセシウム137(溶存態)および土壌粒子に付着して運ばれるセシウム137(懸濁態)の濃度は、観測開始以降、**河川とダム湖ともに、徐々に低下**

河川を通じて、放射性物質が流れてくるのではないか？



実効半減期 (濃度が半分になる年数)	溶存態セシウム	4.8年
	懸濁態セシウム	2.4年



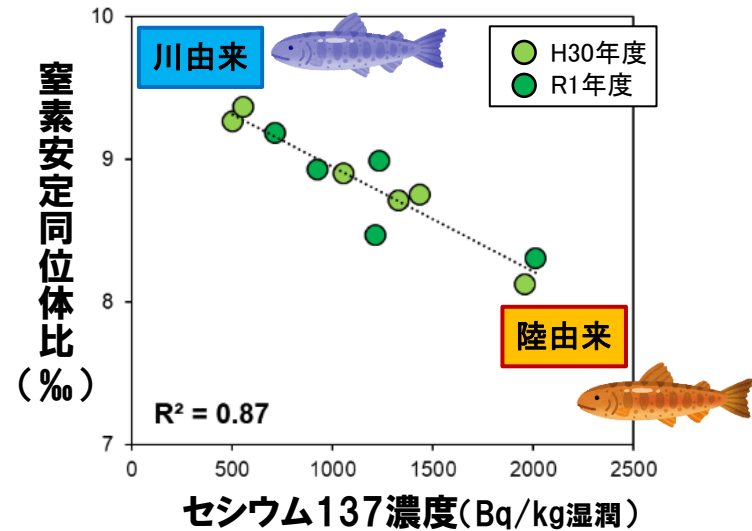
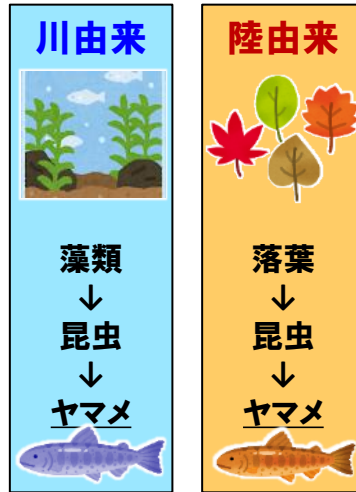
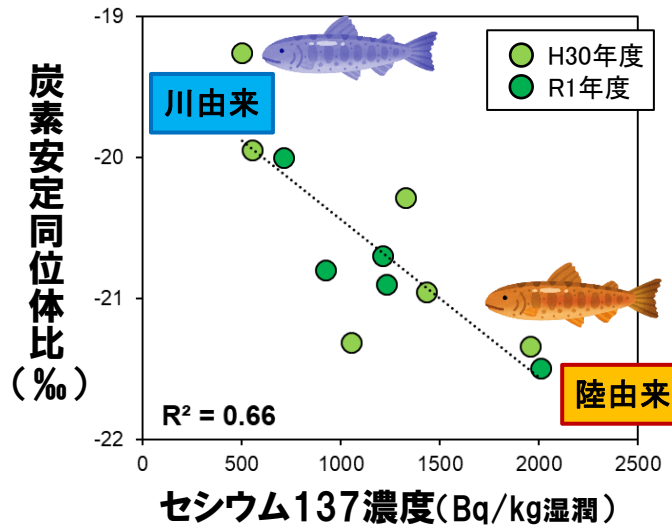
➤ 河川水のセシウム137濃度は物理的な半減期(30年)より**速い速度で低下**
 →環境回復に必要な時間の目安を推定、季節的な変動が見られるものの**1 Bq/Lを十分に下回る**

➤ 農業・農村の復旧・復興支援を目的とした「**大柿ダムの放射性セシウムの実態と対策**
 —請戸川地区の農業復興に向けて—第2版」(東北農政局、2018年4月)の策定に貢献

食品中の放射性物質の基準値(食品衛生法)
 飲料水 10 Bq/kg

- 放射性セシウム濃度と安定同位体の分析から、**溪流に生息するヤマメのセシウム137濃度は、食べ物の違い**に関係すると推定

農林水産物に放射性物質が取り込まれるのではないかと？



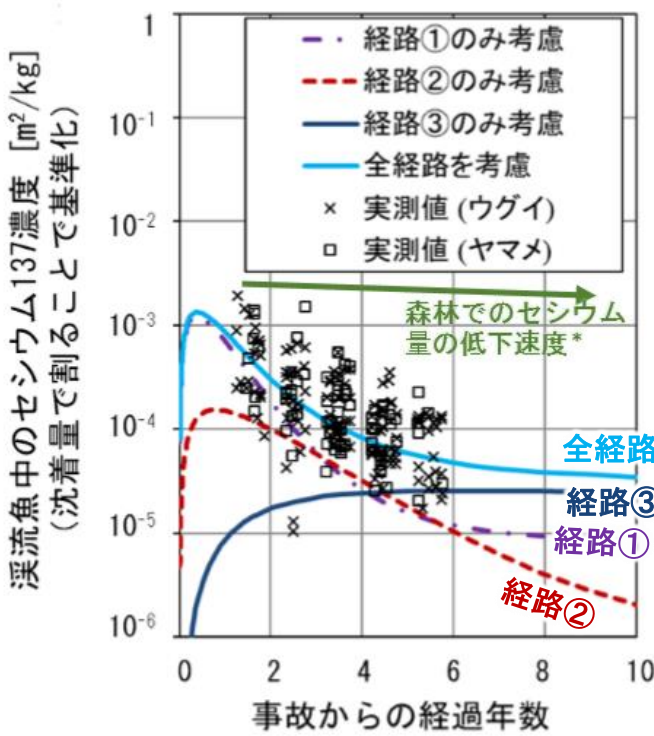
天然ヤマメ筋肉中のセシウム137濃度と炭素・窒素安定同位体比

筋肉中のセシウム137濃度が高いヤマメ ≒ 炭素・窒素安定同位体比が低い
 ⇒ **陸由来**の食物網にある**餌**資源を多く利用している

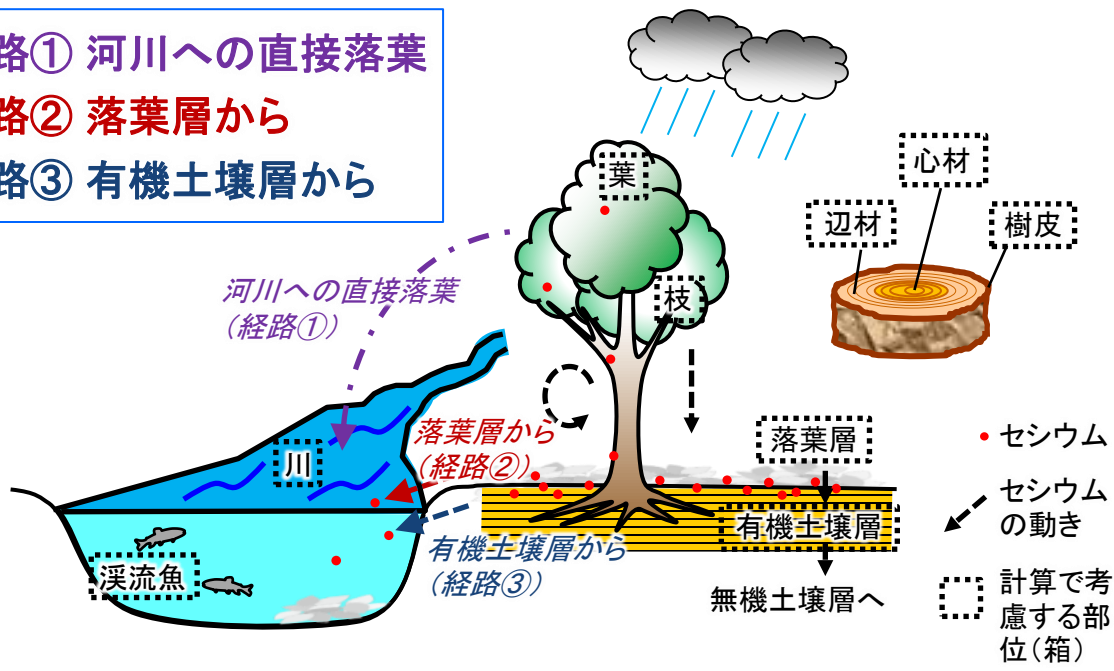
➤ 天然ヤマメと養殖ヤマメの検討により、**餌資源の違いが濃度の違いを生じている**ことを解明
 →なぜ個体により濃度の違いが生じるか原因を解明し、**南相馬市環境回復推進委員会**や**養殖業者へ知見提供**

- 環境モニタリングデータとモデルを利用して**森林から溪流魚へ移動するセシウムの経路を分析**
- 溪流魚に取り込まれるセシウムは**異なる3つの経路から供給**されることを解明
- **葉や落葉層のセシウム濃度が急速に低下**したことが**溪流魚のセシウム濃度の低下**に大きく影響していることが明らかとなった

農林水産物に放射性物質が取り込まれるのではないかな？



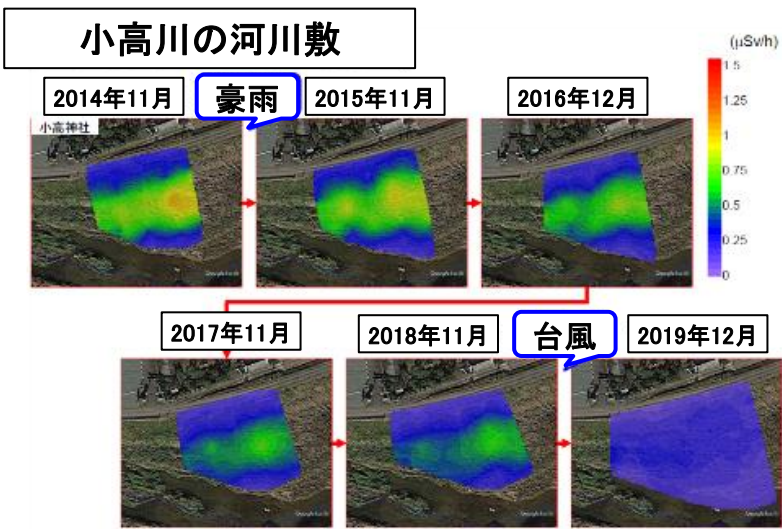
経路① 河川への直接落葉
 経路② 落葉層から
 経路③ 有機土壌層から



- **溪流魚中のセシウム濃度の将来予測**、ひいては内水面水産業の今後の施策に役立つと期待
- きのこと類や樹木、野生鳥獣類への適用を**福島県、国立環境研究所と共同**で進める予定

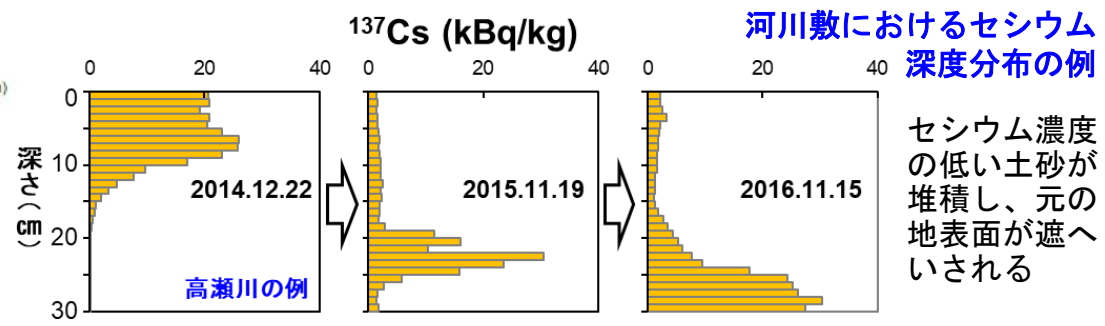
- 令和元年台風第19号(2019年10月)後の環境影響評価を福島県と共同実施
- 豪雨や台風後に河川敷の空間線量率が低下、そのメカニズムを環境動態研究の長期観測データとセシウム動態から示した

豪雨や台風でセシウムが流れてくるのではないか？



空間線量率の経年変化

- ガンマプロッターによる地上1 mの空間線量率
- 豪雨や台風後に0.4 μSv/h以上の範囲(オレンジ～緑)が縮小



セシウム濃度の低い土砂が堆積し、元の地表面が遮へいされる



堆積した土砂の起源および今後の出水時の影響

- ✓ 林内の酒れ沢にはセシウム濃度の低い深い部分の土(酒れ沢の壁)が露出しており、増水時に侵食されやすい
- ✓ 今後の大雨時には、セシウムをほとんど含まない深い部分の土砂が主に流出すると考えられる

- 河川敷の継続モニタリングデータを浪江町除染検証委員会へ報告し、避難指示解除に貢献
- 出水時のセシウム移動と空間線量率の変化の実態を明らかにし、不安払しょくに貢献
- 令和2年度第1回南相馬市環境回復推進委員会(令和2年8月19日開催)にて報告

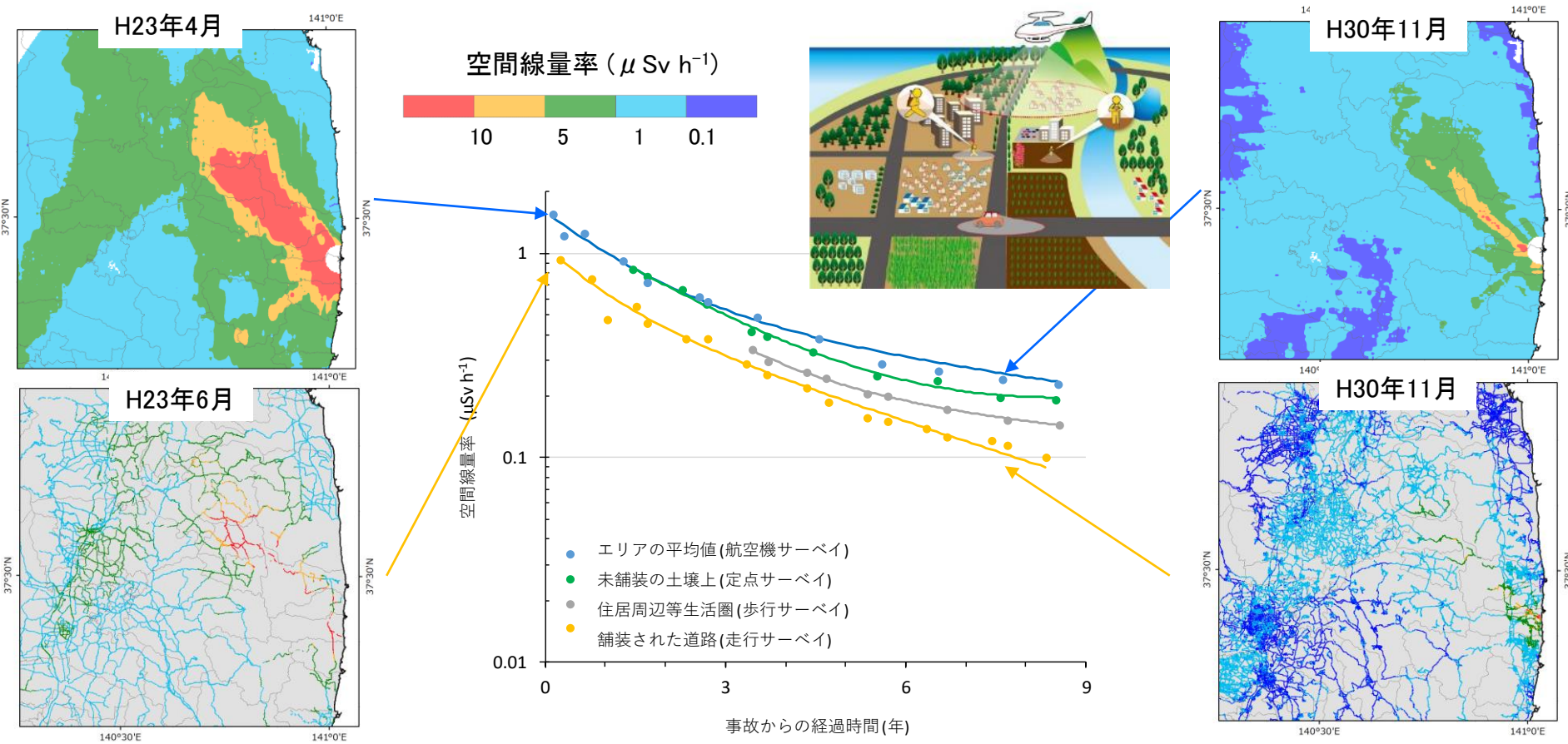
- 環境回復に係る取り組みの沿革・概要
- 緊急時対応、初期の活動、除染技術
- 環境動態研究
- 環境モニタリング技術開発
- 成果発信・科学的知見の共有

- 事故前にはなかった環境中で広域に放射線分布を計測するというニーズに対応するため、データを取得しつつ技術開発を実施
- データは多数の学術論文にまとめるなど学術的な価値を創造

項目		2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (R1)	2020 (R2)	
JAEA内での動き		☆東京事務所内にチーム発足 ☆福島大学内に遠隔チーム本格始動			☆南相馬に遠隔チーム移動 ☆NEAT (ひたちなか) 航空機チーム発足 ☆いわき事務所に陸モニチーム移動			☆NEATモニタリングチーム発足				
地上のモニタリング	広域調査	政府プロジェクトとしての広域調査 (～H25: 文部科学省, H26～原子力規制庁)										
空からのモニタリング	航空機モニタリング	手法開発 日本全域調査		政府プロジェクトとしての東日本調査 (～H25: 文部科学省, H26～原子力規制庁)						防災適用に向けた全国の発電所のBGモニタリング		
	無人機によるモニタリング	手法開発		政府プロジェクトとしての1F周辺調査 (～H25: 文部科学省, H26～原子力規制庁)							復興拠点への適用	
水底のモニタリング	農業用ため池底分布測定				手法開発		技術移転と福島県プロジェクトとしての広域モニタリング					
	海域のモニタリング					無人観測船等を用いた手法開発			地域復興・実用化補助金事業		政府プロジェクト	

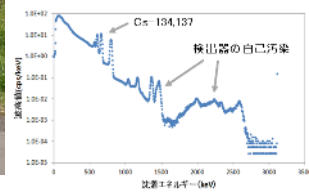
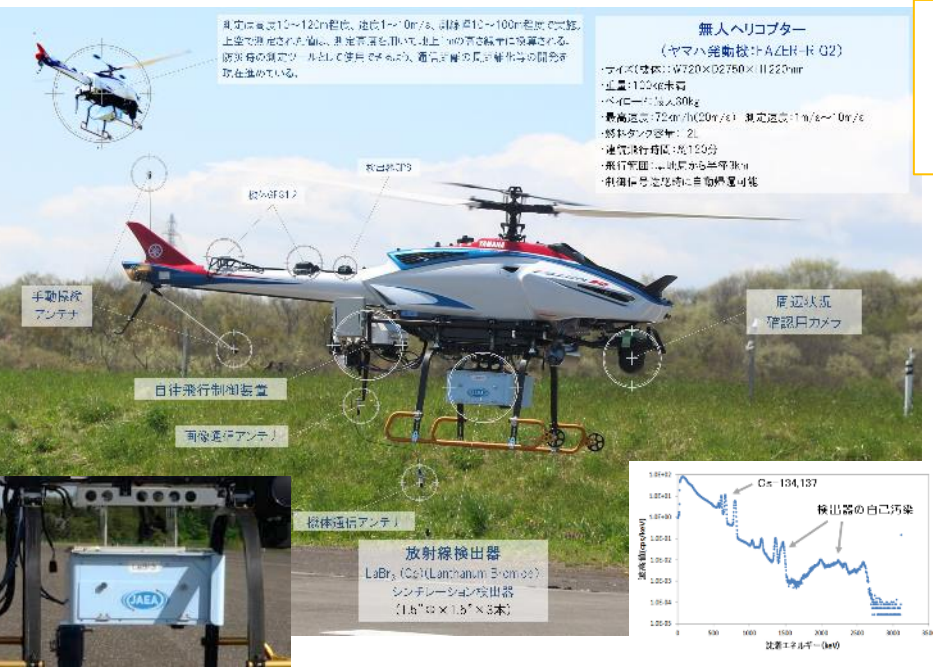
- 多くの業務が政府プロジェクトとして実施され、公式なデータとして政策に生かされている
- 技術移転により、福島県や原子力事業者がユーザーとして利用する技術も多数

● マップ事業、航空機事業と呼ばれる政府からの大規模モニタリング事業実施の中核となり、事業を確実に実施中。空間線量率の変化を科学的に検証

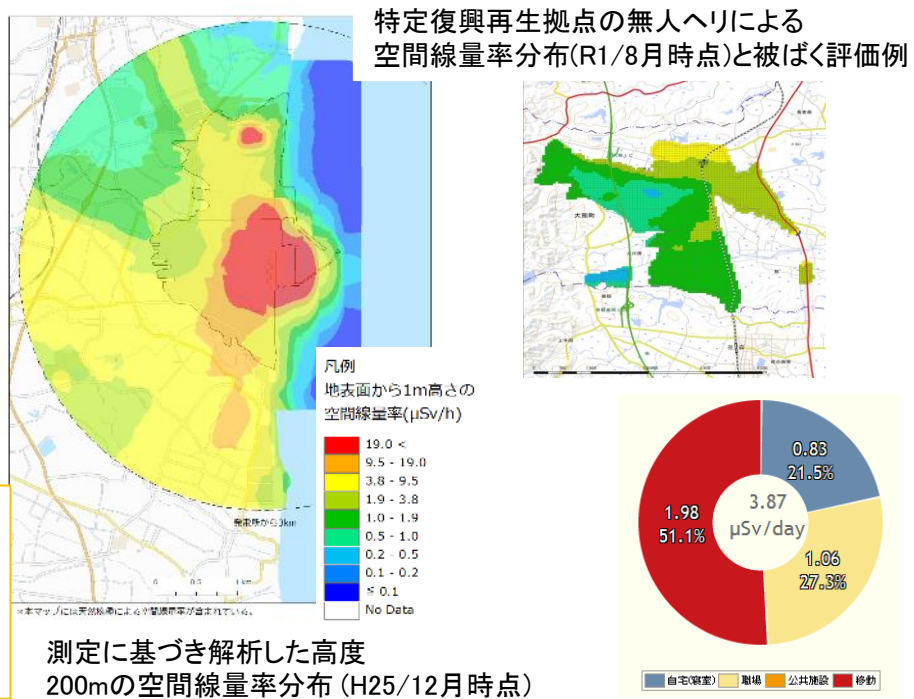


- 政府の公式データとして、**避難指示区域の設定や除染範囲の決定**などの政策に反映
- 手法の最適化や政府マニュアルへの反映。科学論文誌に2回特集号が組まれるなど学術価値を創造

- 事故後いち早く、無人機を環境放射線のモニタリングに活用
- 主に1F周辺のモニタリングに活用され、そのデータは政策に活用されている



- 事故から10年経過した現在でも残っている避難指示区域の全解除に向けて特定復興再生拠点を設置
- モニタリングから被ばく評価までパッケージングし、放射線防護対策を講じる上での基礎データを提供し令和2年3月に一部解除を実現



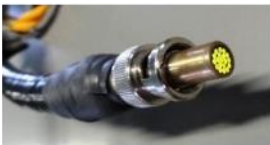
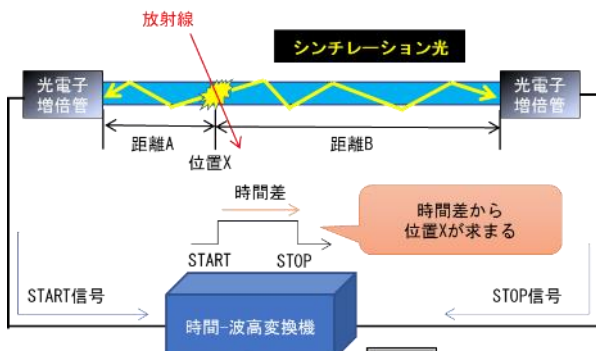
- 1F事故後、民間航空機は、発電所から3km圏内が飛行禁止であった。
- 国交省は、1F敷地内を含む当該エリアの高度1500 m以上について、機構が実施した発電所敷地内の測定結果を踏まえて飛行禁止を解除。
- 年間約1万機が、この航路(太平洋側)を利用でき、代替航路の混雑に伴うリスクの低減や合理的な運航を可能にした。

➤ 国土交通省による1F周辺の**飛行禁止区域解除**に貢献(平成25年2月5日)

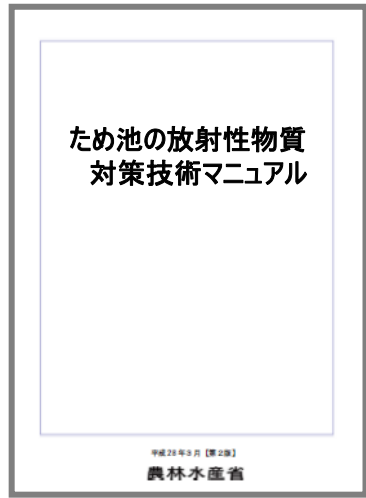
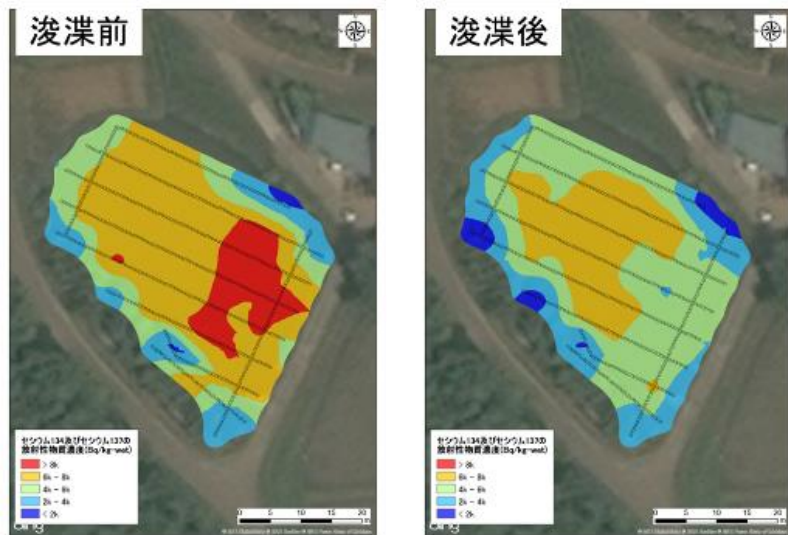
➤ 特定復興再生拠点の**一部解除**の基礎データを提供(令和2年3月)

- 福島県内3,700か所のため池底の放射性セシウム¹³⁷の蓄積状況について、サンプルを採取することなく現場で直接的に分布を把握する手法の開発。営農再開および除染判断等への反映を目指す。

☆ファイバー型検出器の適用



☆成果の公表、標準化



被災地の農業復興に向けた農業用ため池底の放射能分布測定技術
 -プラスチックシンチレーションファイバを用いた放射線検出器の技術開発と
 福島県内で実施した適用試験の結果について-

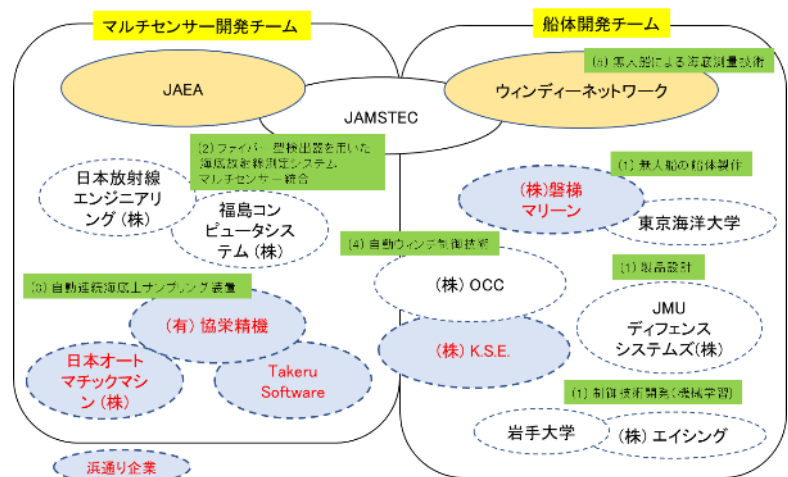
【発表のポイント】

- ため池底の放射能分布の可視化に成功
- 放射性物質対策の計画、放射性物質対策効果の確認に活用可能
- 民間（水土里ネット福島）へ技術移転し、福島県内のため池底測定に利用

➤ H26年度からの福島県農林水産部による実証事業の助勢（**水土里ネット福島との技術指導契約**～現在も継続中）。H26年及びH30年に共同でプレス発表を実施。農林水産省の対策マニュアルに採用（H26）。

● H28～H30まで「地域復興実用化開発等補助金」の採択テーマとして、無人観測船の開発を実施。海洋研究開発機構(JAMSTEC)や地元企業と協力し、サンプリングや放射能測定の可能性のある新たな無人船の開発を目指す。

☆地元企業を含めた開発チームのとりまとめ



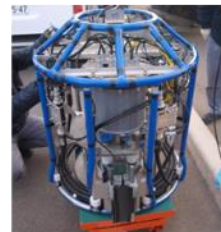
☆無人船の開発

技術ベース

JAEAとウィンディーネットワークが実施してきた福島沖での海底土モニタリング

観測地点	¹³⁷ Cs 濃度 (Bq kg ⁻¹)
Red	500 - 1,000
Orange	300 - 500
Yellow	200 - 300
Light Green	100 - 200
Blue	50 - 100
Dark Blue	17 - 50

新型無人船及びマルチセンサーの開発 (本事業の成果)



- ・ 定点維持性能の向上
- ・ 小型化
- ・ 大型機材搭載のためのムーンプール (機材の昇降用の穴)
- ☆放射線測定だけでなく様々な機材搭載可能 (漁業、海底測量、物流)

一般業界への適用例 (本事業で実証)

無人船と音波測量の組み合わせによる海底地形図の作成 (漁礁管理、海底探査)



- ・ 海底土表層及び海水の放射能測定
- ・ 海底土サンプルの採取
- ・ 水温、電導度、水深の計測
- ・ 音波計測による検出器位置特定

☆海中における放射性物質の挙動解明

プレスリリース

令和元年 5月 24日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
株式会社ウィンディーネットワーク
国立研究開発法人海洋研究開発機構

【本件リリース先】
令和元年 5月 24日(金)16:00
(レク付き資料配付)
文部科学記者会・科学記者会、
原子力規制庁記者会(仮称)、
福島県政記者クラブ
(資料配付)
いわき記者クラブ、いわき記者会

測定・サンプリングなど多目的に使用できる「海洋のドローン」の開発
—無人船開発に浜通り企業の技術を結集—

- 地元企業に本事業を通して**技術移転、共同でプレス発表**を実施
- 原子力防災ツールとしての活用を視野に、海洋研究開発機構(JAMSTEC)と最適化研究を継続

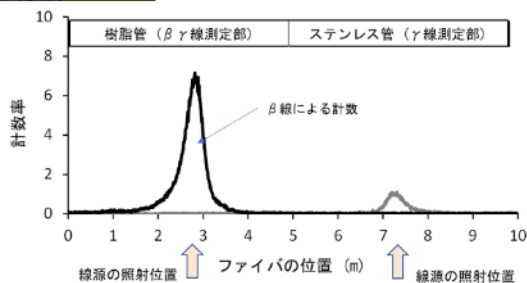
- 1F構内における原子炉建屋等に滞留している汚染水の漏洩検知のため、ストロンチウム90のβ線をフォールアウト起源のγ線と区別して計測できるリアルタイムモニタリング技術の確立

○ファイバー型検出器の開発

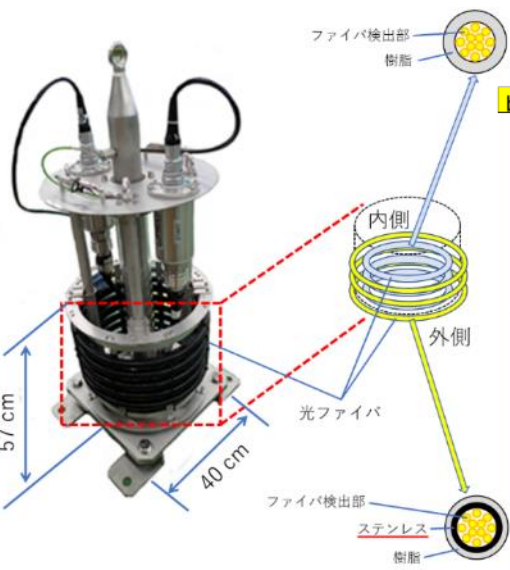
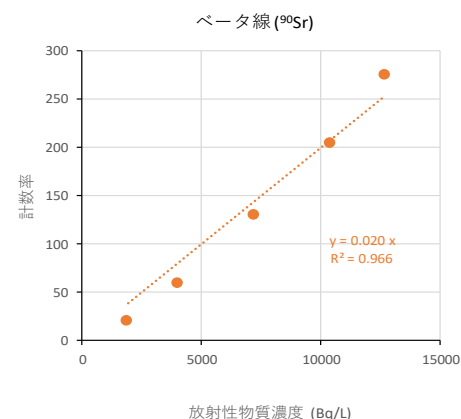
a) 改良型ファイバモニター検出部の構成



b) ⁹⁰Sr線源の照射試験例



○1F構内でのキャリブレーション及び運用開始までのフォロー



【本件リリース先】
 令和2年1月30日(木)17:00
 (資料配付)
 文部科学記者会・科学記者会
 原子力規制庁記者会(仮称)、
 福島県政記者クラブ、
 いわき記者クラブ、いわき記者会

日本放射線エンジニアリング株式会社
 令和2年1月30日
 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
 日本放射線エンジニアリング株式会社

水中のβ線リアルタイムモニタリング技術の開発に成功
 -福島第一原子力発電所構内の排水路用放射線モニターとして運用開始-

- 現場適用のためのキャリブレーション等運用開始までの現場試験実施、運用開始 (令和2年2月～)
- 技術移転先であるJREC株式会社とのプレス発表

政府・自治体

- ✓ 原子力規制庁、環境省、文部科学省
- ✓ 福島県、県内市町村
- ✓ 福島県立林業研究センター



大学・研究機関

スコットランド大学連合環境研究センター、東京大学、東海大学、福島大学、千葉大学、筑波大学、京都大学、広島大学、宇宙航空研究開発機構、国立環境研究所、森林総合研究所、Korea Institute of Nuclear Safety



放射能環境動態・影響評価ネットワーク 共同研究拠点



認定期間:平成31年4月1日～令和4年3月31日
研究成果の集約及び社会への発信により、一層の社会貢献が期待されています。

民間企業・製造業等

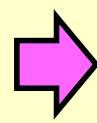
東京電力ホールディングス株式会社、応用地質株式会社、朝日航洋株式会社、中日本航空株式会社、ヤマハ発動機、日本放射線エンジニアリング株式会社、AREVA NP、株式会社エンルート、明星電気株式会社、株式会社NESI



- 得られた成果を解説とともに取りまとめ、「**福島総合環境情報サイト**」として公開しています

⇒ 略称； **FaCE!S (フェイス)**

「福島総合環境情報サイト」
(FaCE!S)
<https://fukushima.jaea.go.jp/ceis/>



放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト

- 様々な**観測データ**のデータベース
- データのダウンロードやグラフ作成も可能

根拠情報Q&Aサイト

- 調査でわかったことをQ&A形式で紹介
- **簡単な説明から詳細な解説まで階層構造**で取り揃えているのが特徴

解析事例サイト

- これまで実施した**数値解析の事例**を解説と合わせてご覧いただけます

- 東京電力福島第一原子力発電所の事故直後から、**除染技術、環境モニタリング**および**環境動態研究**などの環境回復に係る研究開発を実施してきた。
- 得られた成果は、**国や自治体の除染に係る施策の根拠情報**や**科学的根拠に基づく技術情報**として活用され、**避難指示解除**や**地域の皆さまの不安解消**に繋がってきた。
- 今後とも、**特定復興再生拠点をはじめとする帰還困難区域の避難指示解除**に**貢献**する研究成果の創出、**情報発信**に努めていく。
- また、得られた成果の**広報**や**普及**、**民間への技術移転**、**学校・関係機関との連携**等により、**地域の皆様の懸念や不安払しょくにつながる科学的根拠**を持った**情報発信**に努め、**地域の復興・産業復興**、**人材育成**に貢献していく。
- **大規模自然災害に伴う放射性物質の移動**や**農林水産物の濃度予測**に当たっては、**国・自治体、地域の皆さま**、**福島県環境創造センター**をはじめとする**国内外の様々な機関と協力・連携**した“**継続的な**”**環境モニタリング**、**環境中でのセシウム動態研究**が必要
- それら成果を広く**環境汚染の対処に係る施策決定のために****情報提供**していく**取組み**を通じて、**福島復興**に貢献していく。

